

**Методы
инструментального
выявления
недостовверного учета
электрической энергии**



*Ковров Иван Александрович
E-mail: ikovrov@russia.ru
Тел. моб. 8-926-363-15-33*

Коммерческие потери электроэнергии

погрешность системы учета

ошибки при выставлении счетов

при востребовании оплаты

хищение электроэнергии



- организация и совершенствование системы учета
- снижение «человеческого фактора» и т.п.

Мы рассмотрим методы инструментального выявления недостоверного учета электрической энергии, методы снятия, построения и анализа векторных диаграмм, с использованием современных недорогих переносных измерительных приборов.

Оснащенность персонала при проведении инструментальных проверок

Для проведения инструментальной проверки по выявлению недостоверного учета электроэнергии персонал субъекта электроэнергетики должен быть обеспечен:

- ▣ **Инструментами:** отвертками с изолированной рукояткой и стержнем; пассатижами с изолированными ручками; индикатором напряжения; фонарем; инженерным калькулятором; пломбиром; запасом пломб и пломбировочной проволоки.
- ▣ **Персональным компьютером,** с установленным сервисным программным обеспечением, преобразователями интерфейсов для связи с микропроцессорным счетчиком электроэнергии. Например, для технического обслуживания и программирования многотарифных многофункциональных электросчетчиков типа СЭТ-4ТМ.03, программным обеспечением «Конфигуратор СЭТ-4ТМ», преобразователями интерфейсов УСО-2 (устройство сопряжения оптическое), ПИ-2 (преобразователь интерфейса USB – RS – 485).
- ▣ **Приборами** для проведения инструментальной проверки схем включения электросчетчиков и выявления фактов недостоверного учета : вольтамперфазометр ВАФ-85М1 (ВАФ ПАРМА А); образцовый счетчик ЭНЕРГОМЕРА СЕ602-100К.

Виды возможных ошибок в цепях подключения электросчетчиков

2. Короткие замыкания в измерительных цепях

1. Нарушение целостности цепей подведенных к электросчетчику

3. Неправильные схемы включения счетчиков

- неправильная полярность цепей напряжения или тока;
- скрещивание цепей напряжений или токов;
- неправильный порядок чередования фаз напряжений или токов.

Эти ошибки могут возникнуть как при установке нового счетчика, при замене счетчика на более сложный счетчик, так и во время текущей эксплуатации.

В одном и том же присоединении могут одновременно возникнуть две или больше ошибок.

Примеры возможных ошибок в цепях подключения электросчетчиков

1. Нарушение целостности цепей подведенных к электросчетчику.

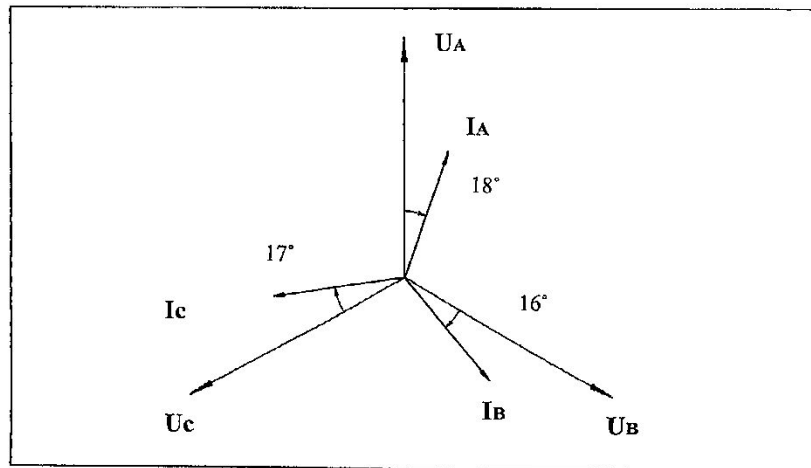
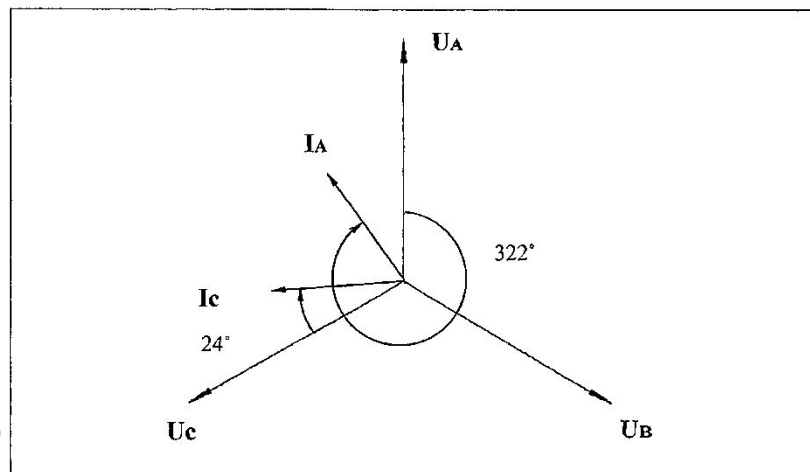
Схема включения: 3-х фазная 3-х проводная, двухэлементная:

Обрыв провода вторичной обмотки трансформатора тока (ТТ):

- Ток в нулевом проводе ТТ I_0 равен нулю
- Вектор тока другой фазы сдвинут относительно I_0 на 180 градусов (верхний рисунок).
- До исправления схемы $R_{акт1} = 117 \text{ Вт}$

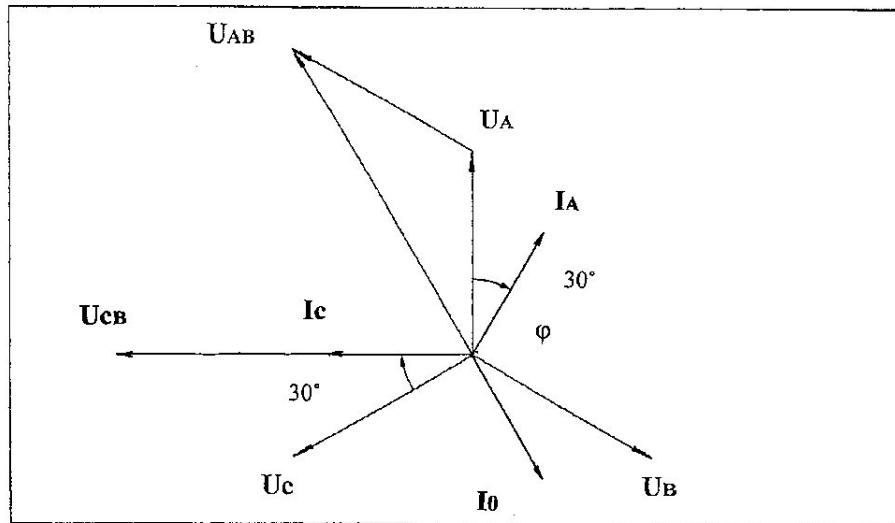
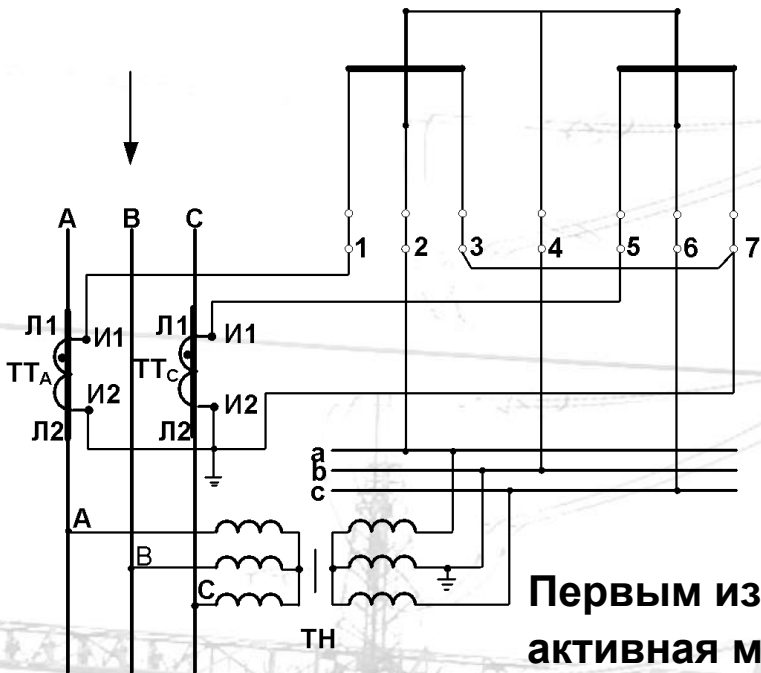
Устранен обрыв провода ТТ, схема включения электросчетчика восстановлена.

После исправления $R_{акт2} = 229 \text{ Вт}$,
недоучет $R_n = R_{акт2} - R_{акт1} = 112 \text{ Вт}$
(около 50%)



Примеры возможных ошибок в цепях подключения электросчетчиков

Рассмотрим измерение электроэнергии двухэлементным счетчиком САЗУ-И670М. Линейные напряжений $U_{AB}=U_{CB}=100$ В, ток $I_A = I_C = 1$ А, угол фазового сдвига $\varphi=30^\circ$.



Первым измерительным элементом счетчика измеряется активная мощность $P_1 = U_{AB} I_A \cos(30^\circ + \varphi) = 100 \cdot 1 \cdot 0,5 = 50$ Вт

Вторым измерительным элементом $P_2 = U_{CB} I_C \cos(30^\circ - \varphi) = 100 \cdot 1 \cdot 1 = 100$ Вт

Активная мощность, измеряемая счетчиком $P = P_1 + P_2 = 150$ Вт

При отсутствии тока I_A , или напряжения U_A на первом измерительном элементе абсолютная погрешность измерений электроэнергии составит 50 Вт (-33%)

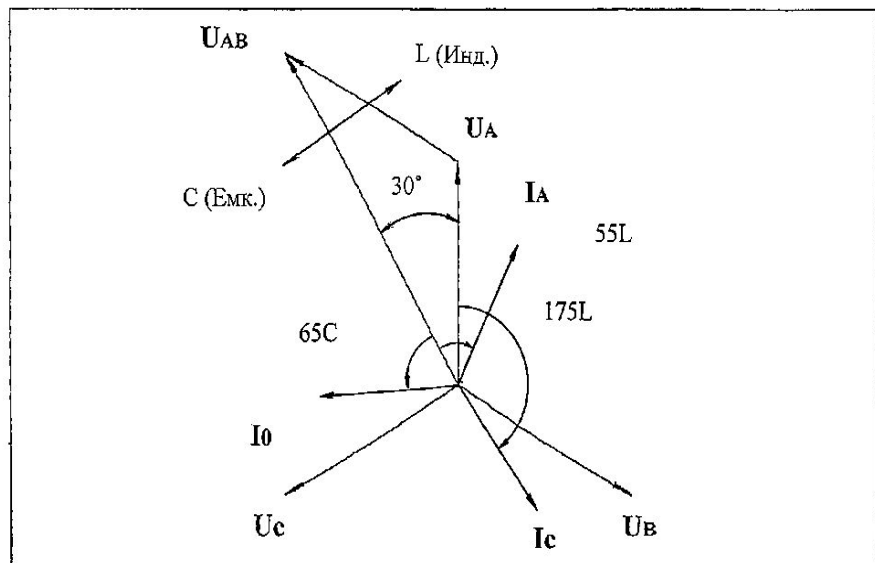
При отсутствии тока I_C или напряжения U_C на втором измерительном элементе погрешность измерений электроэнергии составит 100 Вт (-66%)

Примеры возможных ошибок в цепях подключения электросчетчиков

3. Неправильные соединения

Счетчик активной энергии установлен на присоединении с индуктивным характером нагрузки.

При снятии векторной диаграммы прибором ВАФ-85М1 получены данные для построения векторной диаграммы.



По векторной диаграмме видно, что вектор I_C занимает положение вектора I_0 .

Отсюда делаем вывод, что провод идущий от фазы «С» трансформатора тока, перепутан с нулевым проводом.

В данном случае недоучет электрической энергии составит около **- 40%**

Проверка правильности схем включения трехфазных счетчиков электрической энергии 6-10 кВ и выше

Сделать вывод о правильности включения счетчика можно, если векторная диаграмма, снятая на его зажимах, совпадет с ожидаемой.

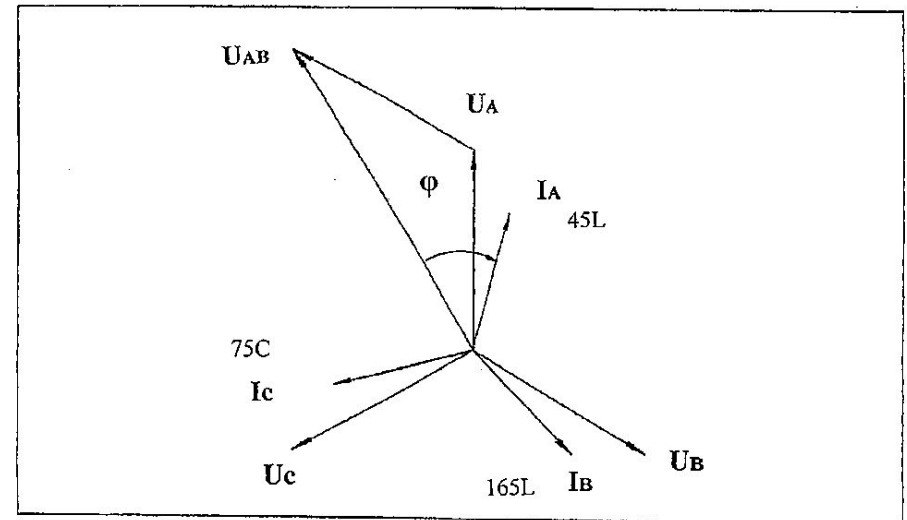
Необходимыми и достаточными условиями для этого являются:

- правильность выполнения вторичных цепей трансформатора напряжения и подключения к ним параллельных обмоток счетчика;
- правильность выполнения вторичных цепей трансформатора тока и подключения к ним последовательных обмоток счетчика.

Проверка правильности включения счетчиков состоит из двух этапов:

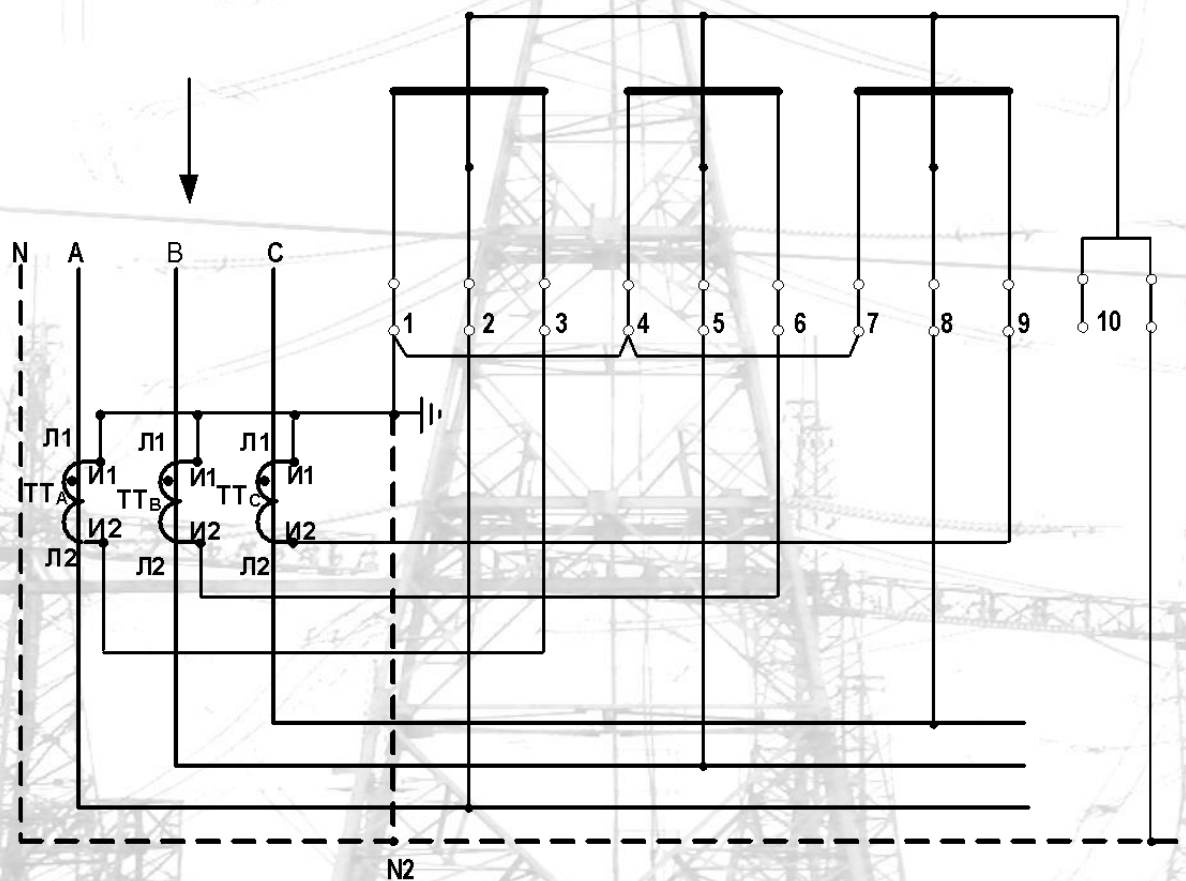
1. Проверка цепей напряжения

2. Проверка цепей тока
(снятие векторной диаграммы)



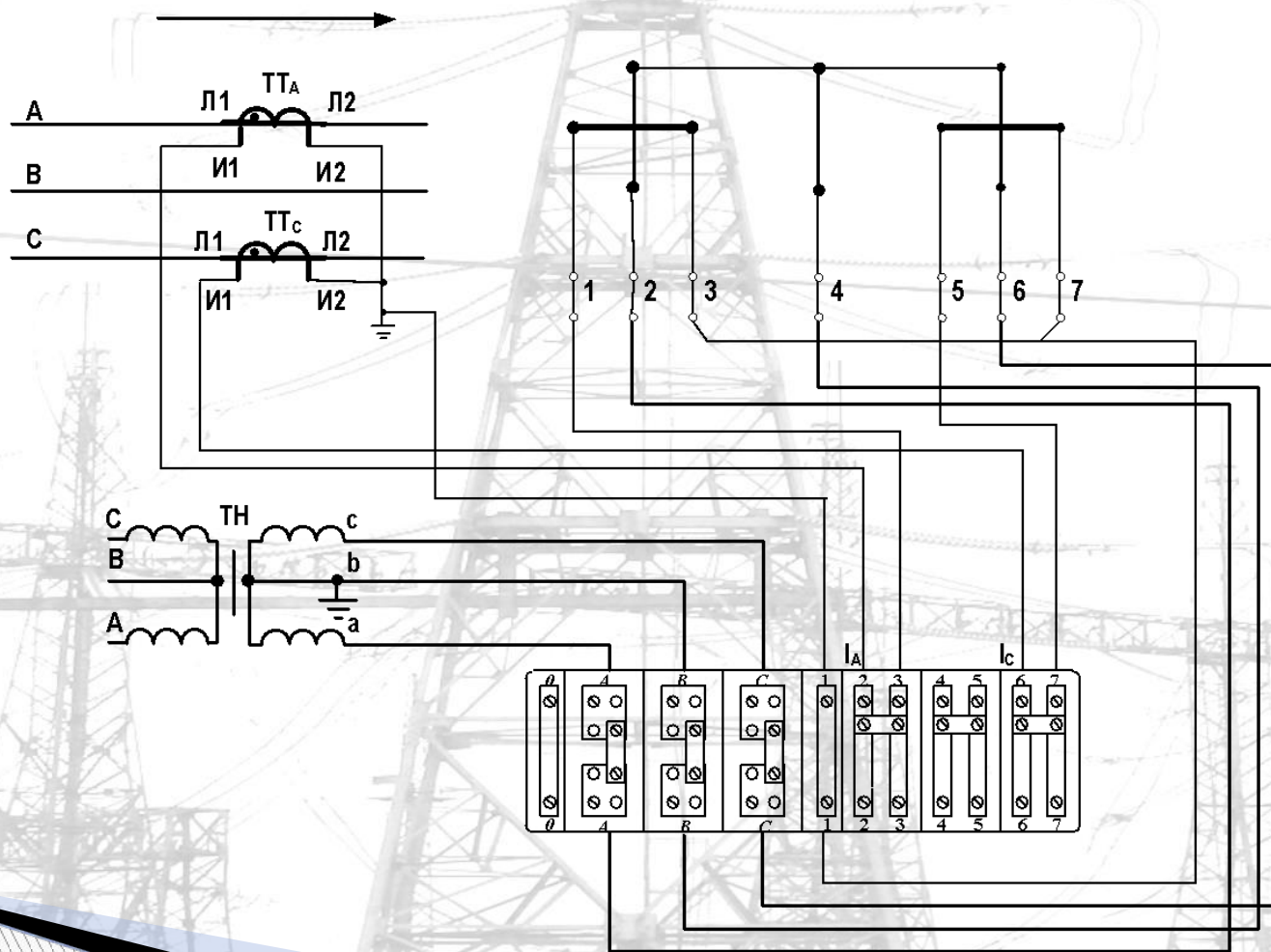
Схемы включения трехфазных электросчетчиков

1. Схема включения трехфазного счетчика электрической энергии в 4-х проводную сеть 0,4 кВ (прямое включение). 5(50)А; 10(100)А 220/380 В



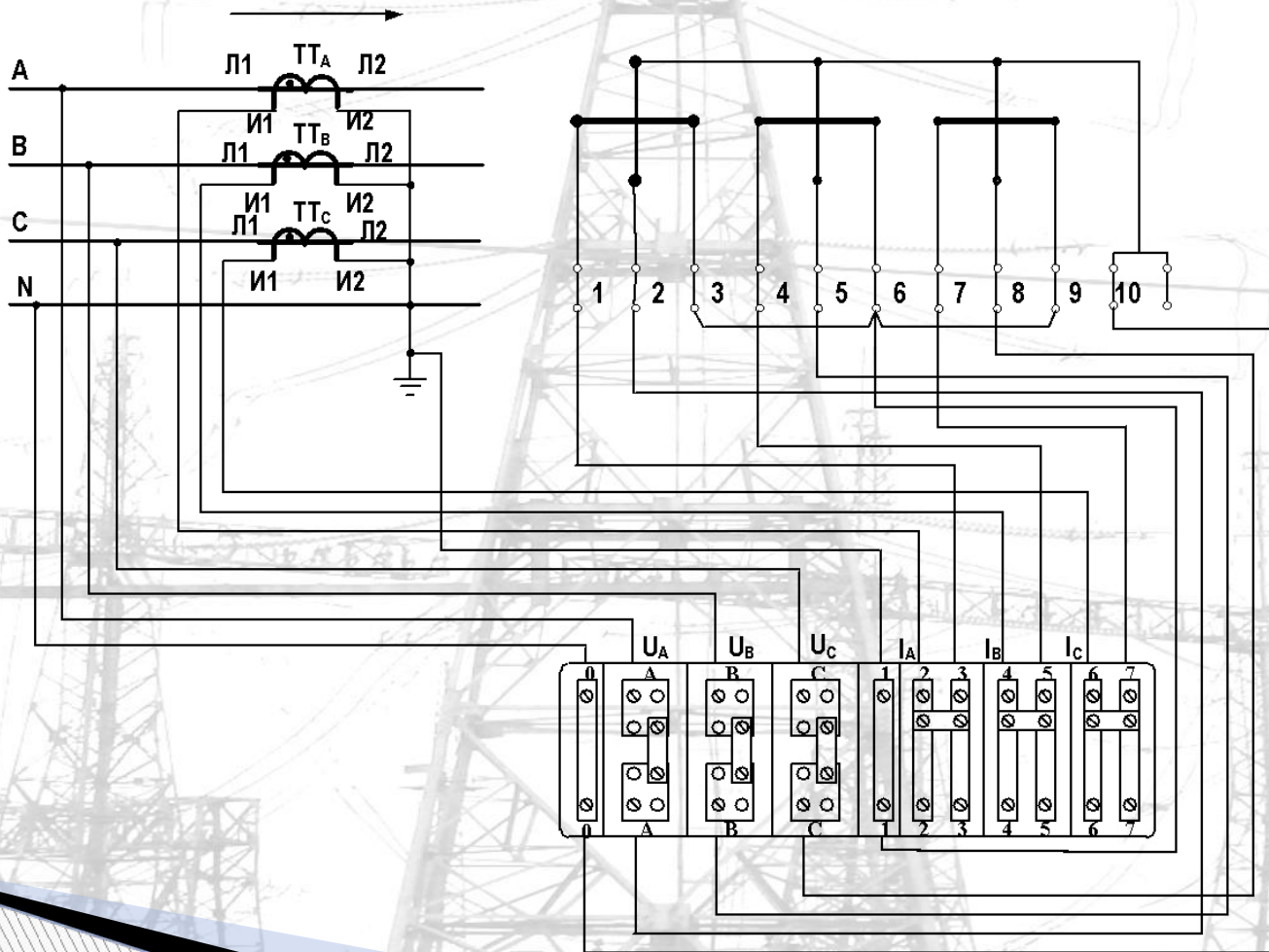
Схемы включения трехфазных электросчетчиков

2. Схема включения трехфазного счетчика электрической энергии в 3-х проводную сеть 6; 10 кВ и выше (трансформаторное включение). 5(7,5)А; 1(1,2)А



Схемы включения трехфазных электросчетчиков

3. Схема включения трехфазного счетчика электрической энергии в 4-х проводную сеть 6; 10 кВ и выше (трансформаторное включение). 5(7,5)А; 1(1,2)А



Проверка вторичных цепей трансформаторов тока

Для проверки вторичных цепей трансформаторов тока снимается **векторная диаграмма токов**:

- определяются значения и положения векторов токов, проходящих через последовательные обмотки счетчика, относительно векторов напряжения.
- Полученное сопоставляется с ожидаемыми расположениями векторов вторичного тока, определяемыми характером первичной нагрузки, направлением и значением активной и реактивной мощностей.

Рассмотрим **диаграмму распределения активной и реактивной энергии по квадрантам**.

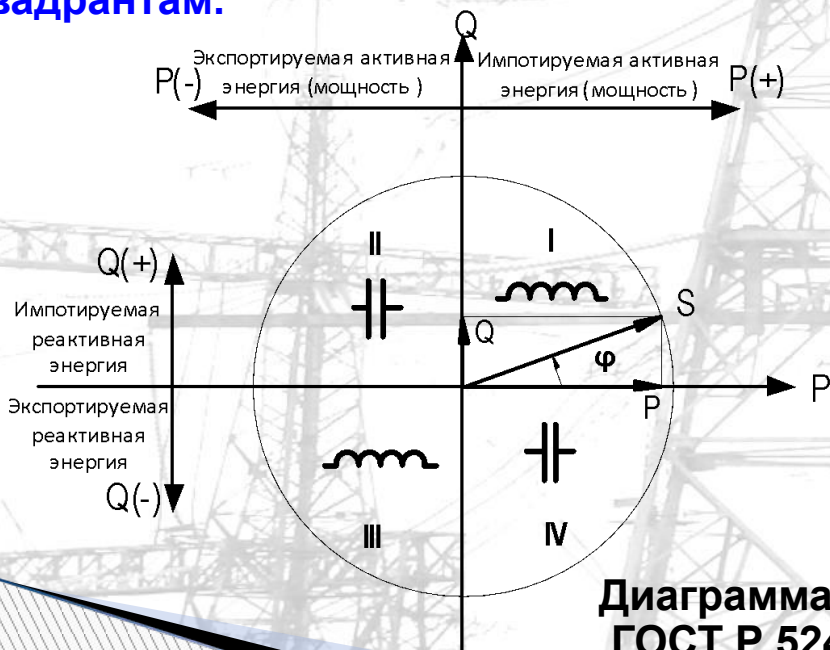


Диаграмма изображена в соответствии
ГОСТ Р 52425 – 2005 «Счетчики реактивной энергии».

Проверка вторичных цепей трансформаторов тока

Расположение векторов токов относительно одноименных фазных напряжений принято изображать в зависимости от направления мощности в первичной сети в соответствии со следующими правилами:

- за положительное направление активной и реактивной мощностей или тока принято направление их от шин станции или подстанции;
- положительное значение активной мощности (тока) принято при совпадении вектора тока с положительным направлением вектора одноименного фазного напряжения (ось (+) активная мощность P);

При принятых положительных направлениях вектор тока, например, I_a , фазы А может располагаться относительно вектора напряжения U_a во всех четырех квадрантах в зависимости от направлений активной и реактивной мощностей в соответствии с таблицей.

Это правило справедливо и для фаз В и С.

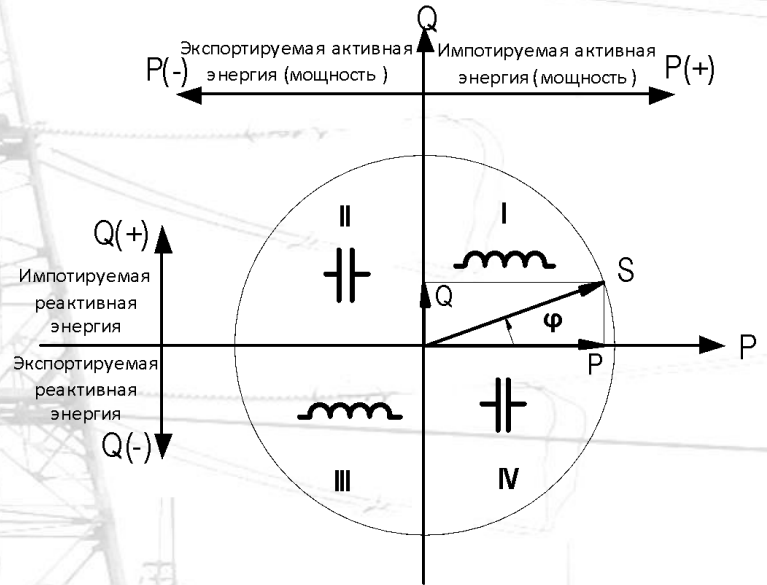
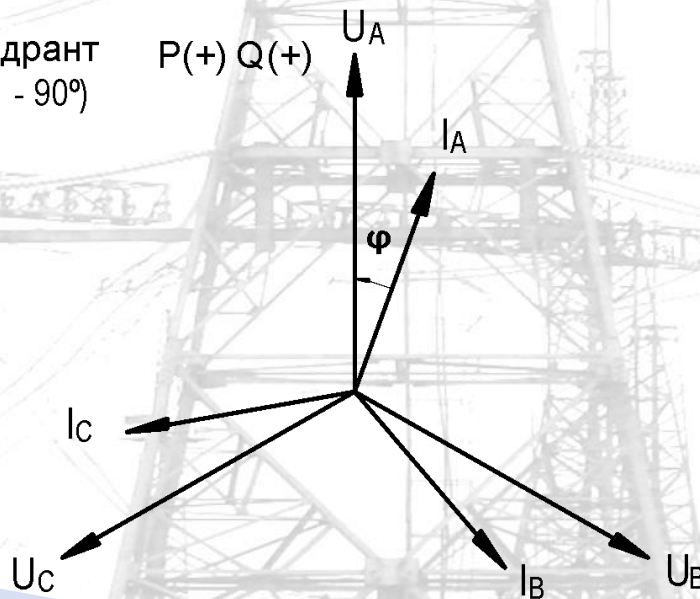
Направление мощности от шин (+) к шинам (-)	Квадрант, в котором расположен вектор тока I_a			
	1-й квадрант	2-й квадрант	3-й квадрант	4-й квадрант
Активной	+	-	-	+
Реактивной	+	+	-	-

Проверка вторичных цепей трансформаторов тока

1. Первый квадрант, угол φ изменяется от 0° до 90° , индуктивный характер нагрузки, активная мощность – положительная, реактивная мощность – положительная.

Векторная диаграмма характерна для бытовых, мелкомоторных и ряда промышленных потребителей электроэнергии.

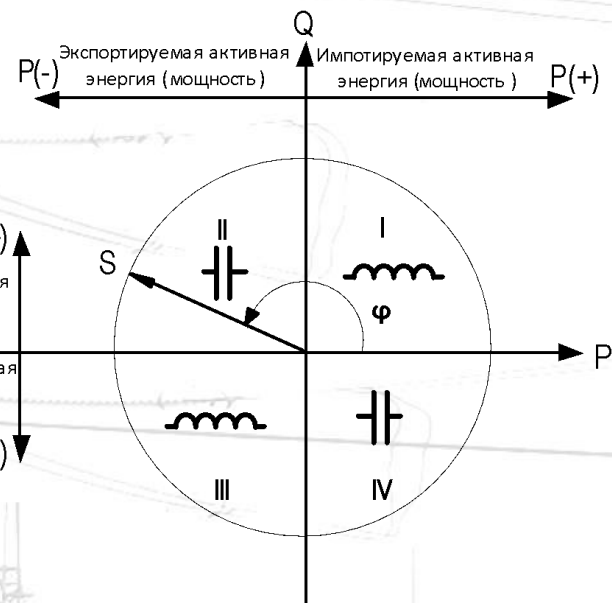
1-й квадрант
 φ (от $0^\circ - 90^\circ$)
 $P(+)$ $Q(+)$



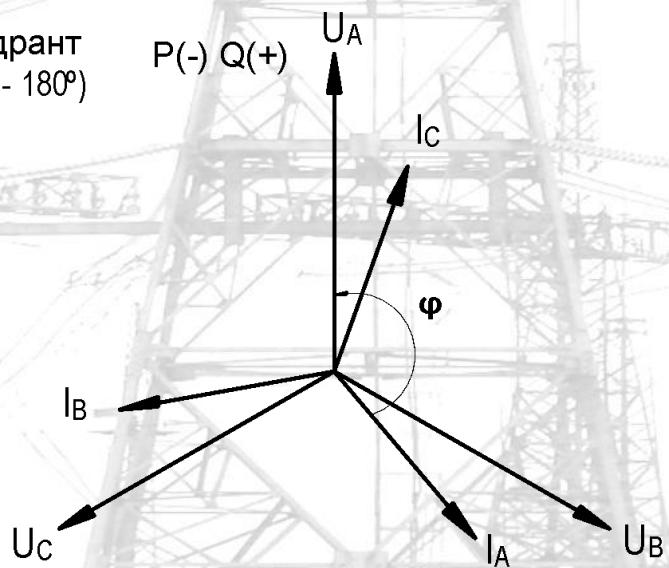
Проверка вторичных цепей трансформаторов тока

2. Второй квадрант, угол φ изменяется от 90° до 180° , емкостной характер нагрузки, активная мощность – отрицательная, реактивная мощность – положительная.

Векторная диаграмма характерна для учета на линиях связи ВЛ 35/110/220 кВ, а также для нефтегазодобывающего комплекса.



2-й квадрант
 φ (от 90° - 180°)

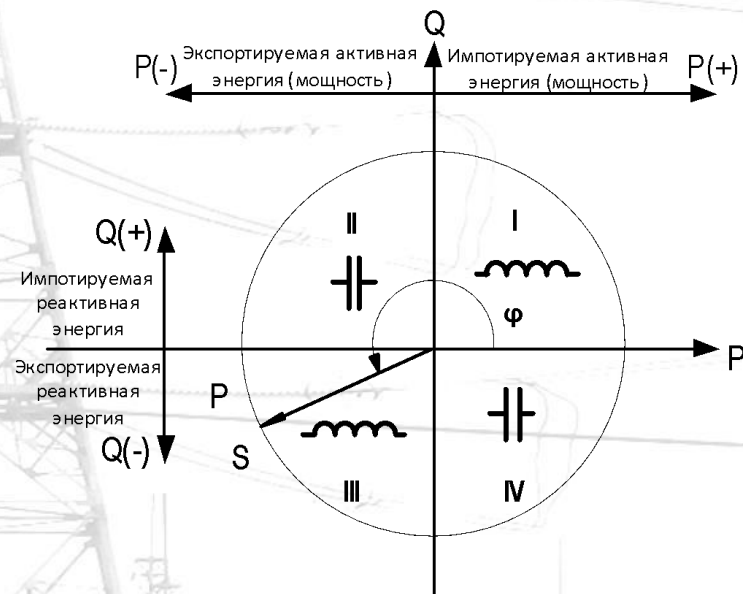
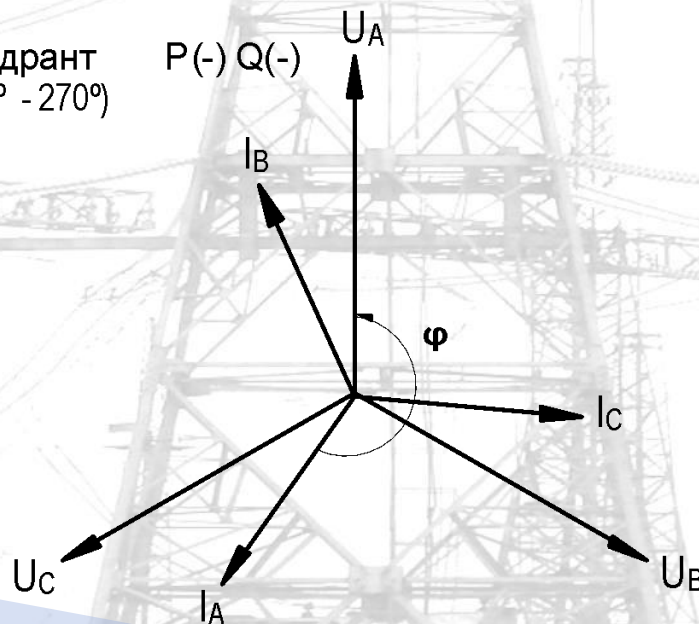


Проверка вторичных цепей трансформаторов тока

3. Третий квадрант, угол ϕ изменяется от 180° до 270° , индуктивный характер нагрузки, активная мощность – отрицательная, реактивная мощность – отрицательная.

Векторная диаграмма характерна для учета на линиях связи ВЛ 35/110/220 кВ, а также для учета на границах сетевых компаний.

3-й квадрант
 ϕ (от 180° - 270°)



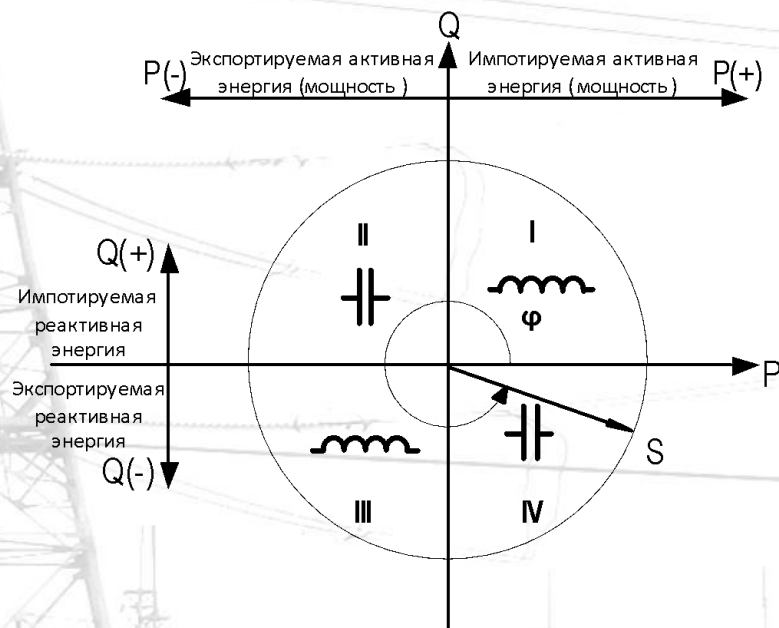
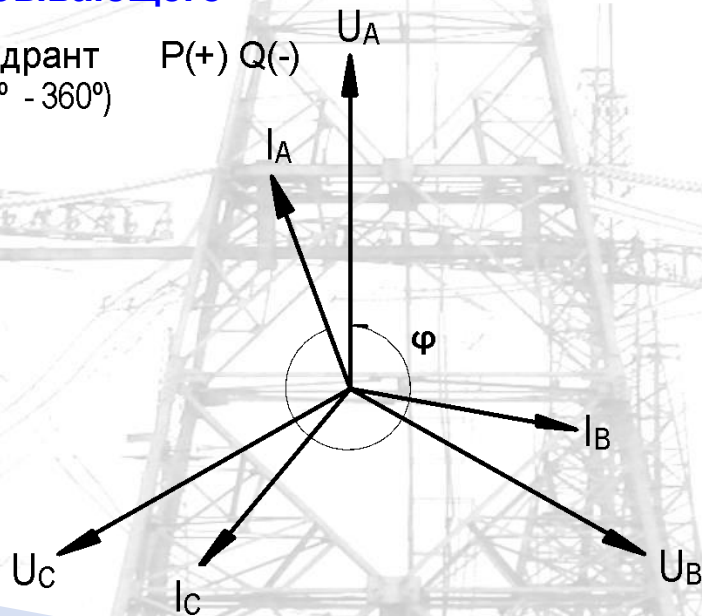
Проверка вторичных цепей трансформаторов тока

4. Четвертый квадрант, угол φ

изменяется от 270° до 360° , емкостной характер нагрузки, активная мощность – положительная, реактивная мощность – отрицательная.

Векторная диаграмма характерна для учета на линиях связи ВЛ 35/110/220 кВ, а также для нефтегазодобывающего комплекса.

4-й квадрант
 Φ (от 270° - 360°)



Примерный характер нагрузок по группам потребителей

Характер нагрузки, зависящий от присоединенного потребителя, данные о наличии синхронных компенсаторов, конденсаторных батарей приведены в таблице:

Группа потребителей	Режим больших нагрузок	Режим малых нагрузок	Компенсирующее устройство	
			Статические конденсаторы	Синхронные машины
Бытовой потребитель	Индуктивный	Индуктивный	---	---
Промышленный потребитель	Индуктивный	Индуктивный	Есть	---
Сельскохозяйственный потребитель	Индуктивный	Индуктивный	---	---
Нефтегазодобывающий комплекс	Индуктивный	Емкостный	Есть	Есть
Линии связи 220/110/35 кВ	Индуктивный	Емкостный	---	---

Для снятия векторных диаграмм удобно использовать вольтамперфазометры ВАФ-85 М1, ВАФ ПАРМА А и другие, образцовые счетчики, типа СЕ602 – 100К, ЦЭ6815, позволяющие измерять параметры сети.

Построение векторной диаграммы относительно вектора U_{AB}

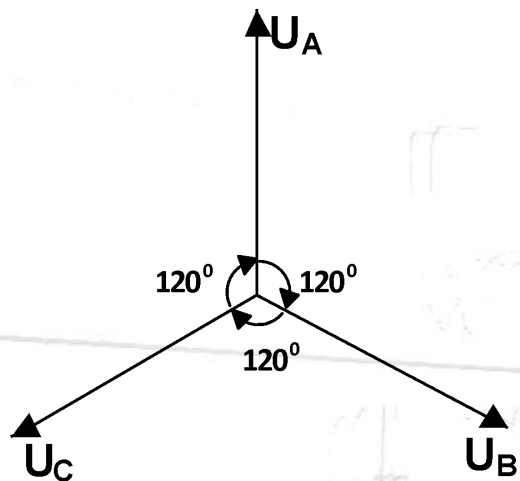
Электросчетчик включен в 3-х фазную 3-х проводную сеть. Снимаем векторную диаграмму (ВАФ-85М1):

1. Проверяем прямой порядок чередования напряжений.
2. Измеряем все фазные, все линейные напряжения.
3. Измеряем значения всех токов, включая и ток I_0 .
4. Последовательно измеряем углы между опорным напряжением U_{AB} и каждым током: I_A ; I_0 ; I_C .
5. Полученные данные:
 - чередование напряжений прямое, в последовательности А; В; С
 - все линейные напряжения равны: $U_{AB} = U_{CB} = U_{CA} = 100В$
 - все токи равны : $I_A = I_0 = I_C = 1,2А$
 - углы между опорным напряжением U_{AB} и каждым током I_A ; I_0 ; I_C соответственно равны 45° ; 165° ; 75° .

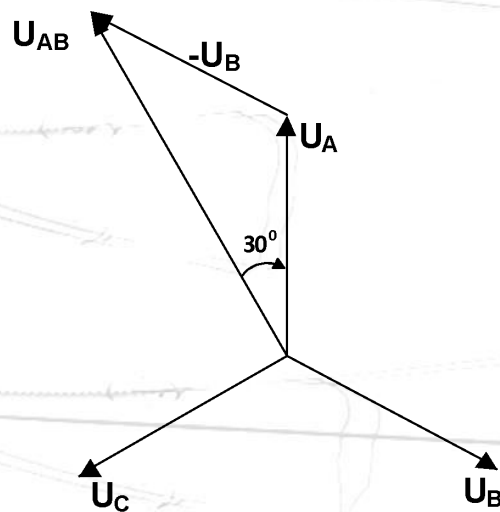
Приступаем к построению векторной диаграммы:

Построение векторной диаграммы относительно вектора U_{AB}

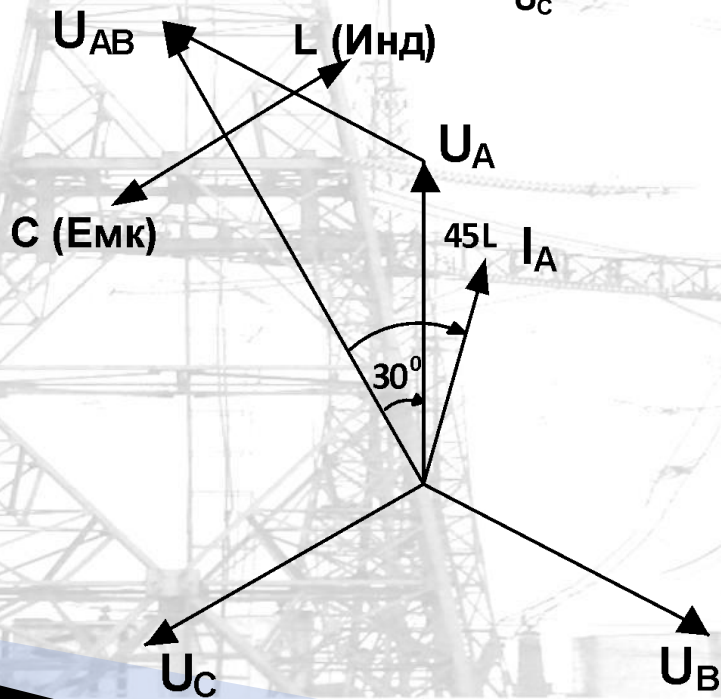
1. Откладываем вектора фазных напряжений



2. Откладываем вектор $-U_B$ строим вектор линейного напряжения U_{AB}

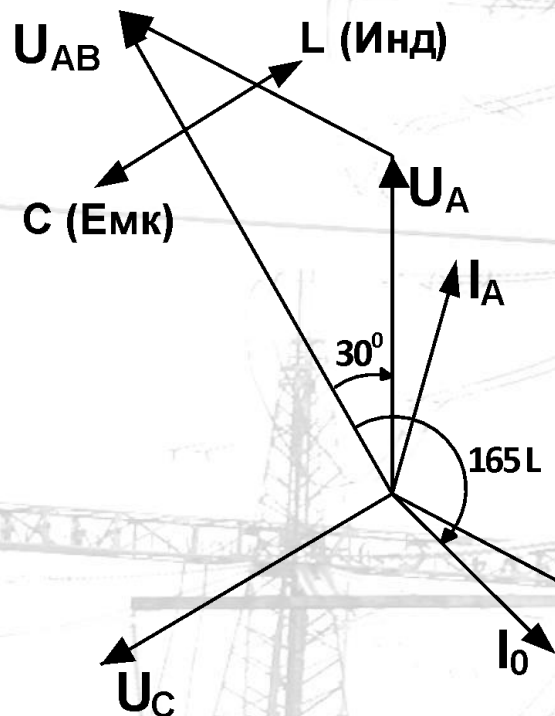


3. По часовой стрелке от вектора U_{AB} откладываем вектора с индуктивностью, против с емкостью. Строим вектор $I_A (45L)$

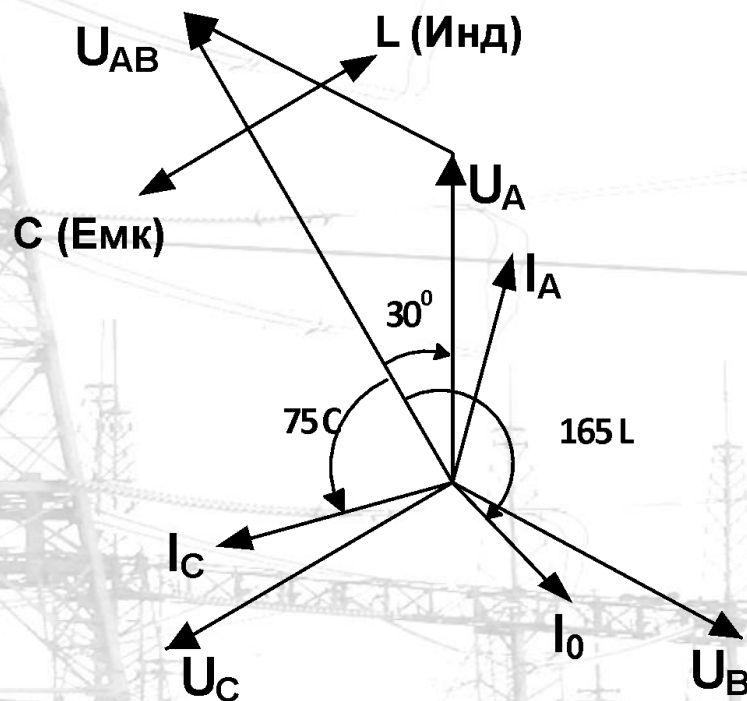


Построение векторной диаграммы относительно вектора U_{AB}

4. По часовой стрелке от вектора U_{AB} откладываем вектор I_0 ($165L$)



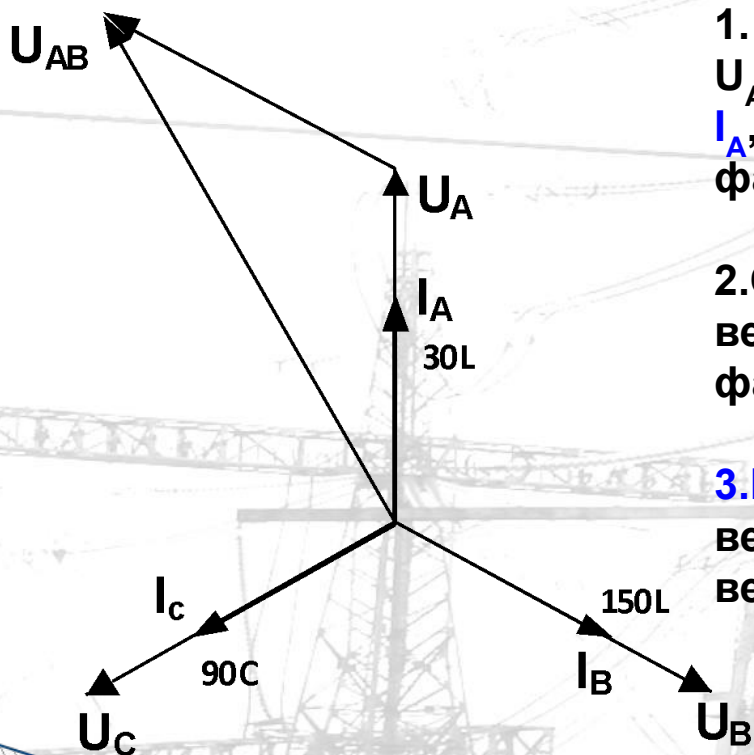
5. Против часовой стрелки от вектора U_{AB} откладываем вектор I_c ($75C$)



Пример

При снятии векторной диаграммы прибором ВАФ-85 М1 получены следующие данные (чередование фазных напряжений прямое, в последовательности АВС (ЖЗК)):

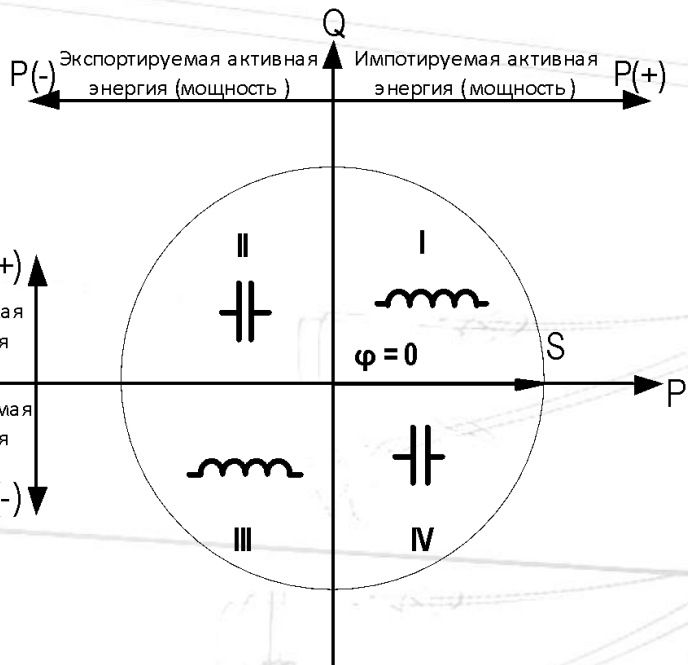
Параметр	I_A	I_0	I_C
Ток, А	1,5	1,5	1,5
$U_{AB} \wedge I^*$	30 Инд. (L)	150 Инд. (L)	90 Емк. (C)



1. Откладываем от вектора линейного напряжения U_{AB} по часовой стрелке угол 30° , строим вектор тока I_A , который совпадает с одноименным вектором фазного напряжения

2. Откладываем по часовой стрелке $150L$, строим вектор тока I_B , который также совпадает с вектором фазного напряжения

3. Против часовой стрелки откладываем $90C$, строим вектор тока I_C , совпадающий с одноименным вектором фазного напряжения.



В соответствии с диаграммой векторы токов и напряжений одноименных фаз совпадают, угол $\varphi = 0^\circ$

Это свидетельствует о том, что потребитель потребляет только активную мощность и энергию, реактивная энергия в данном случае равна нулю.

Электросчетчик учитывает электрическую энергию и мощность в первом квадранте $A(+)$; $R(+)$, индуктивный характер нагрузки, коэффициент мощности равен 1.

На основании анализа полученных данных делается вывод о правильности схемы включения электросчетчика и предварительный вывод о достоверности измерения электроэнергии.

Схема включения электросчетчика правильная.

Вольтамперфазометр ВАФ-85М1



Предназначен для измерения:

- среднеквадратического значения силы и напряжения переменного тока синусоидальной формы;
- угла сдвига фаз между напряжением и напряжением;
- угла сдвига фаз между током и напряжением, номинальными значениями 110В; 220В; 380В;
- а также для определения последовательности чередования фаз в трехфазных системах

**Рекомендуется следующий порядок снятия и построения векторных диаграмм
вольтамперфазометром ВАФ-85М1:**

- 1. К контактным гнездам фаз «А», «В», «С» подводится соответственно напряжение трехфазного тока 110, 220, 380 В. Переключатель диапазонов измерений устанавливается в положение («125», «250», «500» В) соответствующее величине подведенного к гнездам «А», «В», «С» трехфазного напряжения.**
- 2. Для проверки чередования фаз нажать кнопку верньера. При этом вращение оси фазовращателя с лимбом по часовой стрелке указывает на чередование фаз в последовательности ABC (BCA, CAB). (Изменение порядка следования любых двух фаз (ACB, BAC и CBA) вызывает процесс обратного чередования фаз, при котором электрические двигатели будут вращаться в противоположную сторону). Прямое чередование фазных напряжений обязательно.**
- 3. К контактным гнездам «*» и «А» присоединяют электроизмерительные клещи, в соответствии с маркировкой (стержень соединительной вилки, имеющей обозначение «*», должен входить в контактное гнездо, обозначенное «*» на приборе).**
- 4. Переключатель V, A/mA установить в положение V, A. Переключатель «Величина»/«Фаза» установить в положение «Величина». Переключатель диапазонов измерений установить в положение 5A (10A) или 1A (в зависимости от величины ожидаемого измеряемого тока).**
- 5. Электроизмерительными клещами охватить провод подключенный к началу токовой обмотки электросчетчика в «фазе А» («фазе В», «фазе С»), таким образом, чтобы контактные поверхности магнитопровода были надежно сомкнуты. Сторона клещей, отмеченная «*», должна быть обращена в сторону трансформаторов тока. Измерить величину тока в «фазе А», «фазе В», «фазе С».**

6. Переключатель «Величина»/«Фаза» установить в положение «Фаза». Вращением лимба стрелка прибора подводится к нулю. При этом направление поворота стрелки должно быть одинаковым с направлением вращения лимба. Целесообразнее вращать лимб против часовой стрелки, фиксируя при этом подход к нулю стрелки справа со стороны шкалы. Установив стрелку на нуль, отсчитывают угол по делению лимба, совмещенному с риской. Аналогичным образом измеряют угол других фаз, а также нулевого провода.

7. После снятия векторной диаграммы приступают к ее построению и анализу. Сначала строят векторы фазных напряжений U_A , U_B , U_C и вектор U_{AB} , опережающий на 30° U_A , и принятый за начало отсчета; ($U_{AB} = U_A - U_B$).

8. Откладывая относительно U_{AB} измеренные прибором углы, строят векторы тока. Угол со знаком «Инд.» (индуктивность) откладывается по часовой стрелке, а со знаком «Емк.» (емкость) против часовой стрелки. Наконец, определяем углы между одноименными векторами токов и фазных напряжений (определяем угол от вектора тока против часовой стрелке до одноименного вектора фазного напряжения) и определяем квадрант и характер нагрузки.

9. Проверяем по векторной диаграмме, что векторы токов и напряжений одноименных фаз сдвинуты один относительно другого на один и тот же угол. Это свидетельствует о том, что чередование фаз напряжения и тока совпадает.

10. При анализе векторных диаграмм необходимо помнить, что каждому току должно соответствовать свое напряжение, в противном случае показания электросчетчика могут исказиться.

Вольтамперфазометр ВАФ ПАРМА А



Предназначен для измерения:

- постоянного напряжения, действующего значения напряжения и силы переменного тока синусоидальной формы с одновременным вычислением активной и реактивной мощностей в цепи;
- измерения частоты;
- угла сдвига фаз между напряжением и напряжением;
- угла сдвига фаз между током и током (если прибор укомплектован двумя токоизмерительными клещами);
- угла сдвига фаз между током и напряжением, а также для определения последовательности чередования фаз в трехфазных системах.

Порядок работы с прибором ВАФ ПАРМА А

Прибор не имеет переключателей режимов работы и диапазонов измерений.

Все переключения производятся автоматически на основании оценки поступающих сигналов.

1. Определение последовательности чередования фаз:

Прибор автоматически переключается в данный режим при поступлении сигнала на клемму «В». Правильное определение последовательности чередования фаз возможно только при условии, что все три фазы подключены в соответствии с маркировкой на приборе.

Результат определения чередования фаз выводится в текстовом виде.

2. Для измерения угла сдвига фаз между напряжением и током подайте на клеммы обозначенные Упорн напряжение, подключите токоизмерительные клещи с маркировкой Измер к разъему, обозначенному Измер С момента появления сигнала на клеммах Упорн прибор автоматически перейдет в нужный режим.

В нижней строке дисплея будет выведено значение сдвига фаз между напряжением Упорн и током Измер Если напряжение в канале Уизмер также присутствует, то прибор покажет оба сдвига фаз.

Считайте показания с дисплея в верхней строке.

Пример.

Счетчик активной энергии включен в 3-фазную 4-проводную сеть, с индуктивным характером нагрузки. Промышленное предприятие.

Примечание:

На время проверки схемы включения электросчетчика установку компенсации реактивной мощности отключают.

Приведем данные, для построения векторной диаграммы, снятые с электросчетчика вольтамперфазометром ВАФ ПАРМА А, относительно опорного ($U_{опорн}$) линейного напряжения U_{AB} .

На первом этапе снятия векторной диаграммы необходимо проверить напряжения, т.е. измерить значения фазных и линейных напряжений (наличие всех напряжений и целостность цепей напряжения), определить зажимы, к которым подведены напряжения фаз А, В и С, и определить чередование фаз.

При снятии векторной диаграммы прибором ВАФ ПАРМА А получены следующие данные (чередование фазных напряжений прямое, в последовательности ABC):

Параметр	IA	IB	IC
Ток, А	0,89	0,88	1,00
$U_{AB} \wedge I^*$	50 Инд. (L)	170 Инд. (L)	70 Емк. (C)

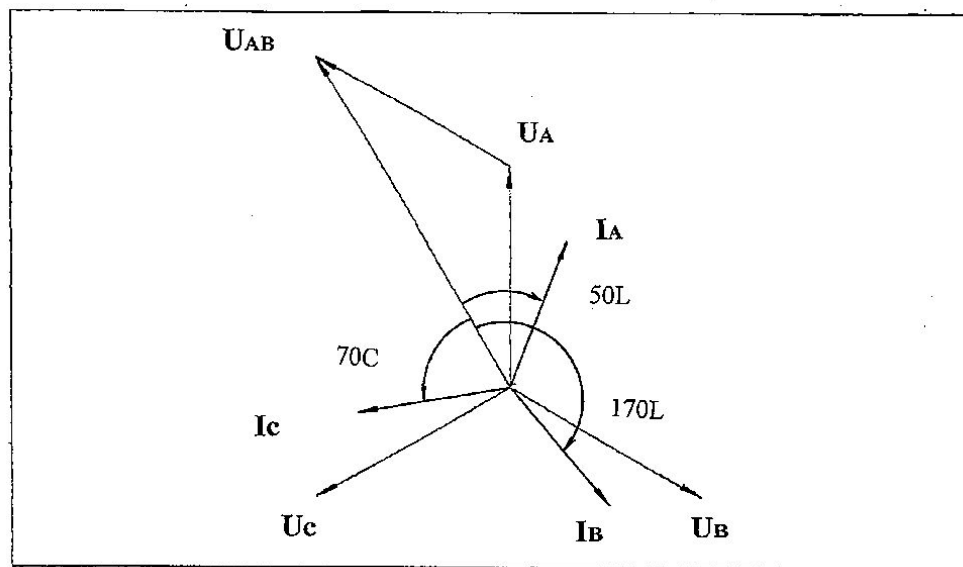
Наносят векторы фазных напряжений под углом 120 градусов друг к другу. Строим вектор U_{AB} , принимая его за начало отсчета.

Откладываем от вектора линейного напряжения U_{AB} по часовой стрелке угол 50° Инд, строим вектор тока I_A , откладываем по часовой стрелке 170° Инд, строим вектор тока I_B далее против часовой стрелки откладываем 70° Емк, строим вектор тока I_C .

В соответствии с диаграммой векторы токов и напряжений одноименных фаз сдвинуты один относительно другого на один и тот же угол, примерно, $\varphi = 20^\circ$ например $U_A \wedge I_A = 20^\circ$. Это свидетельствует о том, что чередование фаз напряжения и тока совпадает.

Для того, чтобы сделать заключение в каком квадранте находится вектор полной мощности, по построенной векторной диаграмме, определяем угол от вектора тока, например I_A , против часовой стрелки до одноименного вектора фазного напряжения, U_A . Угол $\varphi = 20^\circ$. Аналогично определяем угол для других токов и напряжений. Вектор полной мощности находится в четвертом квадранте.

Электросчетчик учитывает электрическую энергию и мощность в первом квадранте А (+); R(+).



Прибор энергетика многофункциональный портативный ЭНЕРГОМЕРА CE602-100К.



предназначен:

- для снятия векторной диаграммы трехфазных электросчетчиков, в том числе и электросчетчиков прямого включения (до 100А). Проверки правильности подключения трехфазных электросчетчиков.
- для измерения основных электроэнергетических величин в контролируемой однофазной и трехфазной сети. Проведение измерений с помощью токовых клещей без разрыва электрической цепи (в зависимости от вариантов исполнения)
- для определения погрешностей индукционных и электронных электросчетчиков на местах их эксплуатации при реально существующей во время измерений нагрузке.

Измерение параметров сети для трехфазной, четырехпроводной схемы подключения (ЗФ4П)

Переход к режиму производится из меню измерения по кнопке < 1 >.

P, Q, S - активная, реактивная и полная мощности суммарные по трем фазам.

U, I - напряжение и ток по фазам А, В, С.

$U, ^\circ$ - угол между сигналами напряжения по отношению к первой фазе, в градусах.

$U \wedge I, ^\circ$ - угол между сигналами напряжения и тока по фазам А, В, С в градусах..

Пример

Счетчик активной энергии включен в 3-фазную 4-проводную сеть, с индуктивным характером нагрузки.

Примечание: На время проверки схемы включения электросчетчика установку компенсации реактивной мощности отключают.

На первом этапе снятия векторной диаграммы необходимо проверить напряжения, т.е. измерить значения фазных и линейных напряжений (наличие всех напряжений и целостность цепей напряжения), определить зажимы, к которым подведены напряжения фаз А, В и С, измерить значения фазных токов, определить чередование фаз.

При снятии векторной диаграммы прибором SE602-100K получены следующие данные (чередование фазных напряжений прямое, в последовательности ABC):

Параметры сети, измеренные прибором энергетика многофункциональным портативным SE602-100K, для построения векторной диаграммы, для удобства сведем в таблицу:

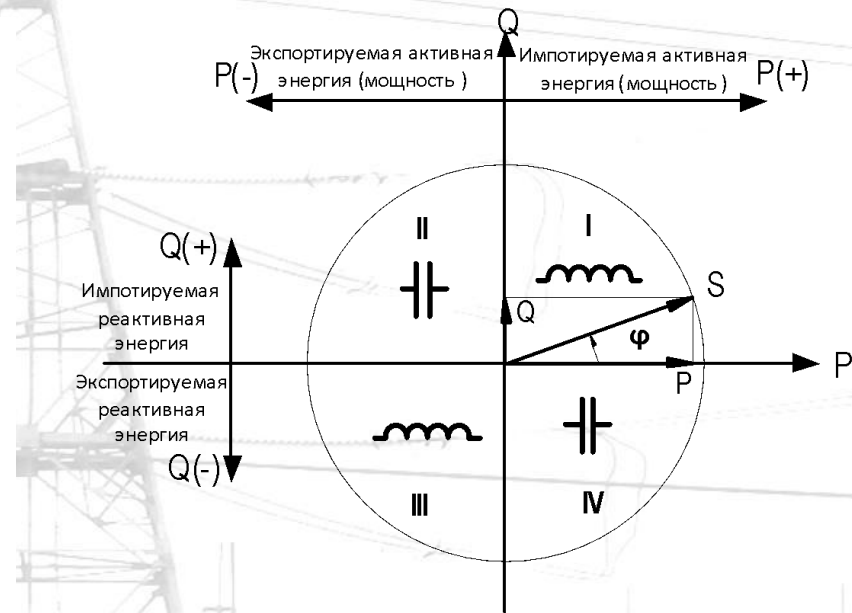
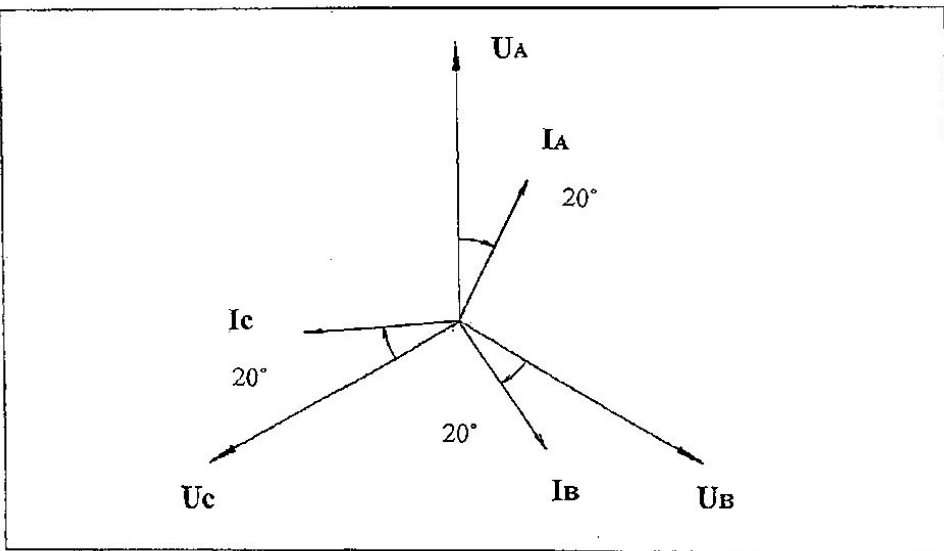
Векторы фазных напряжений, в произвольном масштабе, наносят на бумагу под углом 120 градусов друг к другу. В данном случае, для того чтобы построить вектора токов, за начало отсчета принимаем соответствующие фазные напряжения ($U_A - I_A$; $U_B - I_B$; $U_C - I_C$). Откладываем от вектора фазного напряжения U_A по часовой стрелке угол 20° , строим вектор тока I_A , от вектора фазного напряжения U_B откладываем по часовой стрелке 20° , строим вектор тока I_B , далее от вектора фазного напряжения U_C откладываем по часовой стрелке 20° , строим вектор тока I_C .

В соответствии с диаграммой векторы токов и напряжений одноименных фаз сдвинуты один относительно другого на один и тот же угол, $\varphi = 20^\circ$ например $U_A \wedge I_A = 20^\circ$ (вектора токов отстают от одноименных векторов напряжений). Это свидетельствует о том, что чередование фаз напряжения и тока совпадает.

Для того, чтобы сделать заключение в каком квадранте находится вектор полной мощности, по построенной векторной диаграмме, определяем угол от вектора тока, например I_A , против часовой стрелки до одноименного вектора фазного напряжения, U_A . Угол $\varphi = 20^\circ$. Аналогично определяем угол для других токов и напряжений.

Вектор полной мощности находится в первом квадранте. Электросчетчик учитывает электрическую энергию и мощность в первом квадранте $A(+)$; $R(+)$, индуктивный характер нагрузки.

Параметр	Фаза 1 (желтый)	Фаза 2 (зеленый)	Фаза 3 (красный)
Р, Вт	30,19	27,03	26,81
Q, Вар	3,26	2,15	2,01
Ток, А	0,89	0,88	1,00
Угол, град	$U_1 \wedge U_1 = 0^\circ$	$U_1 \wedge U_2 = 120^\circ$	$U_1 \wedge U_3 = 240^\circ$
Угол, град	$U_1 \wedge I_1 = 20^\circ$	$U_2 \wedge I_2 = 20^\circ$	$U_3 \wedge I_3 = 20^\circ$



На основании анализа полученных данных можно сделать вывод о правильности схемы включения электросчетчика и предварительный вывод о достоверности измерения электроэнергии.

Схема включения электросчетчика правильная.

Снятие и анализ векторных диаграмм с использованием вспомогательных функций и сервисного программного обеспечения многофункциональных электросчетчиков типа СЭТ-4ТМ.

Счетчики СЭТ-4ТМ.03

предназначены для многотарифного коммерческого или технического учета активной и реактивной электрической энергии прямого и обратного направления и четырехквadrантной реактивной энергии в трех- и четырехпроводных сетях переменного тока.

Счетчики СЭТ-4ТМ.03

- могут применяться на предприятиях промышленности и в энергосистемах, осуществлять учет потоков мощности в энергосистемах и межсистемных перетоков.**
- имеют несколько модификаций, отличающихся классом точности, номинальным напряжением, числом интерфейсов и наличием резервного блока питания.**
- могут эксплуатироваться автономно или в составе автоматизированных систем: контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ); диспетчерского управления (АСДУ).**

Ручной режим управления

Позволяет считать параметры сети и величины для построения векторной диаграммы, в режиме вспомогательных параметров вручную.

В ручном режиме управления информация считывается визуально. Переход в режим индикации вспомогательных параметров производится из режима индикации текущих измерений или из режима индикации основных параметров длинным нажатием кнопки «РЕЖИМ ИНДИКАЦИИ».

Во всех вспомогательных режимах индикации, кроме времени, даты и температуры, производится индикация квадранта, в котором в текущий момент времени находится вектор полной мощности, двумя курсорами в соответствии с: ■- A(+), R(+) 1-й квадрант; ■- A(-), R(+) 2-й квадрант; ■- A(-), R(-) 3-й квадрант; ■- A(+), R(-) 4-й квадрант.

Перебор (по кольцу) вспомогательных режимов индикации производится коротким нажатием кнопки «РЕЖИМ ИНДИКАЦИИ» в следующей последовательности:

- индикация мгновенных значений активной, реактивной или полной мощности с размерностью «Вт» («кВт», «МВт», «ГВт»), «ВАр» («кВАр», «МВАр», «ГВАр»), «ВА» («кВА», «МВА», «ГВА»);
- индикация мгновенных значений фазных, межфазных напряжений и напряжения прямой последовательности с размерностью «В», «кВ»;
- индикация мгновенных значений токов, с размерностью «А», «кА»;
- индикация коэффициента мощности с размерностью «cos φ».

РЕЖИМ ИНДИКАЦИИ	ВИД ЭНЕРГИИ	НОМЕР ТАРИФА
Короткое нажатие – переход в режим индикации основных параметров	Короткое нажатие - выбор вида индицируемой текущей энергии по текущему тарифу	Короткое нажатие - не используется
Длинное нажатие – переход в режим индикации вспомогательных параметров	Длинное нажатие - не используется	Длинное нажатие – переход в режим индикации текущей активной энергии

Пример

Электросчетчик типа СЭТ-4ТМ.03 подключен к 3-ф 3-проводной сети с помощью 3-х трансформаторов напряжения и 2-х трансформаторов тока.

Первоначально проверяем чередование фазных напряжений, по ЖКИ индикатору электросчетчика. Чередование фазных напряжений должно быть прямое, на ЖКИ индикаторе индицируются фазные напряжения (1; 2; 3), отсутствует мигание какой либо одной фазы.

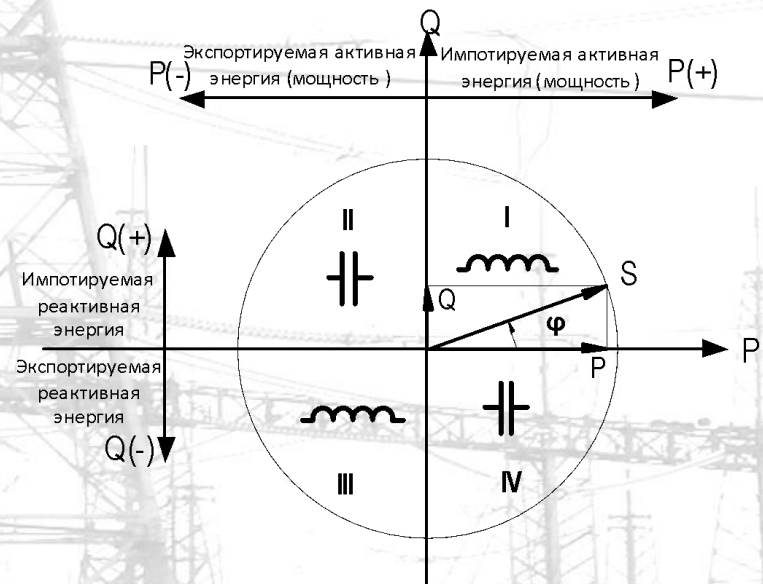
Для снятия и построения векторной диаграммы со счетчика в «ручном режиме управления», переходим в режим индикации вспомогательных параметров. Переход производится из режима индикации текущих измерений или из режима индикации основных параметров длинным нажатием кнопки «РЕЖИМ ИНДИКАЦИИ».

Во всех вспомогательных режимах индикации, кроме времени, даты и температуры, производится индикация квадранта, в котором в текущий момент времени находится вектор полной мощности, двумя курсорами в соответствии с: A(+), R(+) 1-й квадрант; A(-), R(+) 2-й квадрант; A(-), R(-) 3-й квадрант; A(+), R(-) 4-й квадрант.

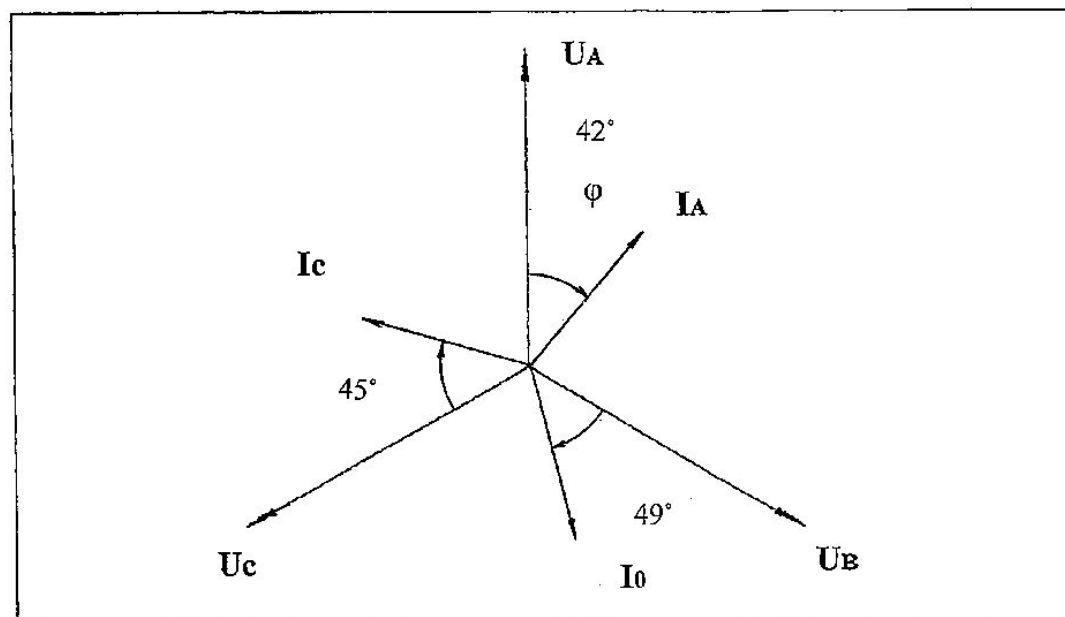
Для построения векторной диаграммы снимаем и фиксируем в «ручном режиме управления» следующие параметры сети:

Параметр	Фаза 1	Фаза 2	Фаза 3
P, Вт	30,19	27,03	26,81
Q, вар	28,03	31,26	27,21
Cos	0,73	0,65	0,70
Угол, град.	42,88	49,16	45,43
I, мА	775,00	782,70	747,20
Uф, В	53,19	52,82	51,16
Uмф, В	101,79	101,43	101,55

Обращаем внимание на индикацию квадранта, в котором в текущий момент времени находится вектор полной мощности (два курсора на ЖКИ индикаторе: A(+), R(+), величины P, Вт и Q, вар, положительны). В данном случае вектор полной мощности находится в первом квадранте, индуктивный характер нагрузки



В соответствии с полученными данными строим векторную диаграмму, откладывая, вправо, по часовой стрелке, соответствующий угол, в градусах, от вектора фазного напряжения (угол $\varphi_1=42,88$ (I_A) откладывается от вектора фазного напряжения U_A ; угол $\varphi_2=49,16$ (I_0) откладывается от вектора фазного напряжения U_B ; угол $\varphi_3=45,43$ (I_c) откладывается от вектора фазного напряжения U_c . На основании анализа полученных данных можно сделать вывод о правильности схемы включения электросчетчика и предварительный вывод о достоверности измерения электроэнергии. Схема включения электросчетчика правильная.



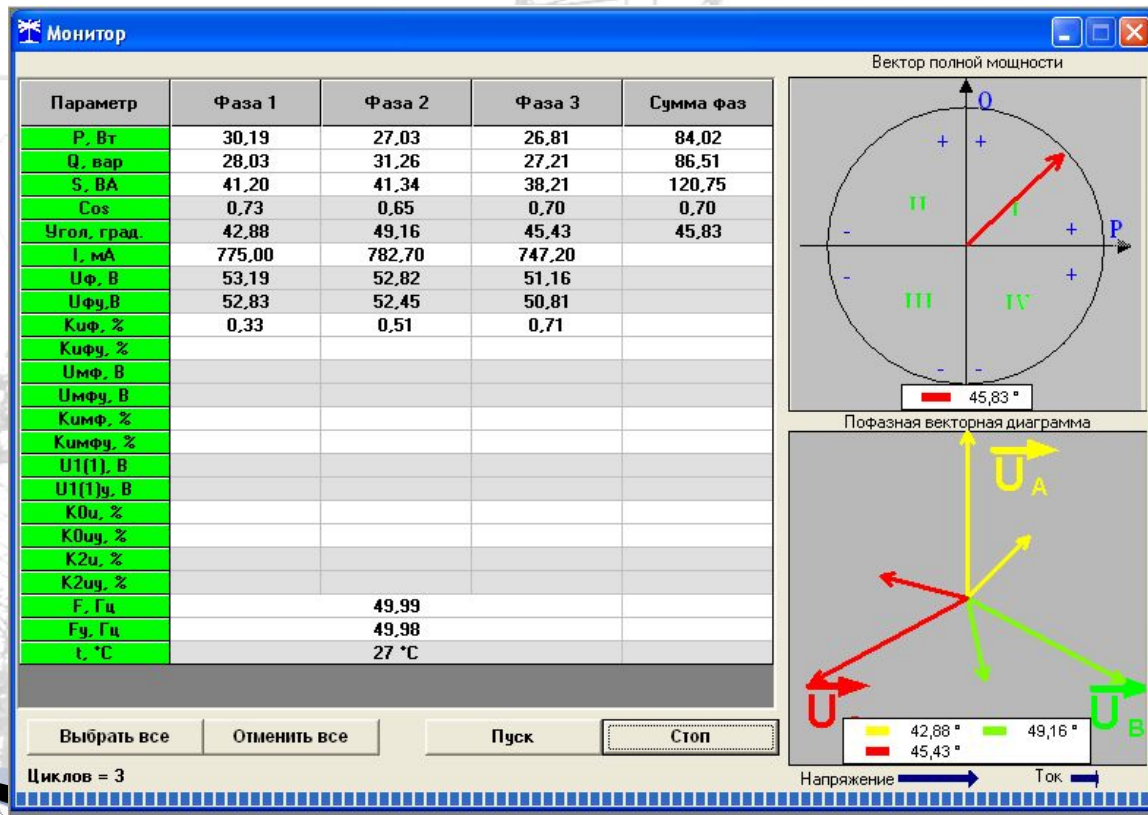
Дистанционный режим

Для программирования электросчетчика и считывания данных в дистанционном режиме управления используется программное обеспечение «Конфигуратор СЭТ-4ТМ».

Считывание вспомогательных параметров, измеряемых счетчиком, производится через форму «Монитор» из меню «Параметры». Вид формы «Монитор» на рисунке.

При построении векторной диаграммы, по данным, снятым с использованием программного обеспечения «Конфигуратор СЭТ-4ТМ», вектор тока (I_A) откладывается от одноименного вектора фазного напряжения U_A, на величину измеренного угла, в градусах, по часовой стрелке.

Аналогично откладываются вектора тока I_B и I_C.





Спасибо за внимание!